

# Gebäude energieeffizient betreiben

*Den Anspruch der Planung einlösen*



## Zur Sache

*Hoch effiziente Neubauten gibt es inzwischen viele – zumindest auf dem Papier. Ob ein Gebäude sein Effizienzpotenzial ausschöpft oder vergeudet, entscheidet jedoch erst der Gebäudebetrieb. Doch die nötige Aufmerksamkeit für diese Phase fehlt. In der Regel findet mit der Schlüsselübergabe ein Schnitt statt: Architekten und Energieplaner haben Zielwerte vorgegeben, sie tatsächlich zu erreichen bleibt anderen überlassen – oder gerät gar völlig aus dem Blickfeld. Gerade anspruchsvolle Energiekonzepte benötigen aber für eine optimale Leistung bei minimalem Energieeinsatz anfangs eine kompetente Einregulierung und Begleitung. Das haben Untersuchungen der letzten Jahre deutlich gemacht.*

*Auch bei bestehenden Gebäuden liegt in Sachen Effizienz einiges im Argen. Für den Gebäudebetreiber haben störungsfreie Funktion und Nutzerkomfort Priorität, ein energieeffizienter Betrieb steht oft nicht einmal in seinem Pflichtenheft. Dabei könnten in vielen Gebäuden allein durch eine veränderte Betriebsführung oder andere gering-investive Maßnahmen der Strom- und Wärmeverbrauch um 10 bis 20% reduziert werden.*

*Dieses immense Potenzial will das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie mit dem neuen Forschungsfeld „Energetische Betriebsoptimierung“ (EnBop) im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) angehen. Herkömmliche und energetisch ambitionierte Gebäude werden dazu im laufenden Betrieb evaluiert und optimiert. In weiteren Forschungsprojekten werden Methoden zur verbesserten Betriebsführung erprobt sowie neuartige Diagnose-Werkzeuge und Dienstleistungskonzepte entwickelt.*

*Einige Beispiele aus den Forschungsarbeiten enthält dieses Themeninfo. Basierend auf den bisherigen Erfahrungen zeigt es außerdem, wie die energetische Betriebsoptimierung in den verschiedenen Phasen von der Planung über den Bau und die Inbetriebnahme bis zum laufenden Betrieb verankert werden kann, um den Anspruch der Planung auch in der Realität einzulösen.*

Ihre BINE-Redaktion  
[redaktion@bine.info](mailto:redaktion@bine.info)

## Inhalt

- 2 Zur Sache
- 3 Gebäude auf den Prüfstand!
- 5 Kaizen – Optimierung auf Japanisch
- 6 Der Nutzer als Maßstab
- 8 Weichenstellung in der Planung
- 10 Betriebsmanagement basiert auf Information
- 11 Aus der Praxis: Betriebsoptimierung im Neubau
- 12 Errichtung und Inbetriebnahme
- 14 Monitoring und Optimierung
- 15 Aus der Praxis: Betriebsoptimierung im Bestand
- 16 Neue Werkzeuge für die Betriebsoptimierung
- 18 Wirtschaftlichkeit
- 18 Im Portrait: Der Planer und der Betreiber – zwei Expertenmeinungen
- 19 Checkliste Energetische Qualitätssicherung
- 20 Ausblick

## Impressum

### ISSN

1610 - 8302

### Herausgeber

FIZ Karlsruhe GmbH  
 Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

### Autoren

Stefan Plesser, Institut für  
 Gebäude- und Solartechnik (IGS),  
 TU Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch,  
 Institut für Gebäude- und Solar-  
 technik (IGS), TU Braunschweig

### Redaktion

Dorothee Gintars

### Titelbild

Stefan Plesser (IGS)

### Version in Englisch

Das Dokument finden Sie unter  
[www.bine.info](http://www.bine.info).

### Urheberrecht

Eine Verwendung von Text und  
 Abbildungen aus dieser Publi-  
 kation ist nur mit Zustimmung  
 der BINE-Redaktion gestattet.  
 Sprechen Sie uns an.

BINE Informationsdienst wird vom  
 Bundesministerium für Wirtschaft  
 und Technologie (BMWi) gefördert.



# BINE

Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn  
 Kaiserstraße 185-197, 53113 Bonn  
 Tel. 0228 92379-0  
 Fax 0228 92379-29  
[bine@fiz-karlsruhe.de](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)



## Gebäude auf den Prüfstand!

*Jedes Gebäude ist ein Einzelstück: Raumprogramm, Baukomponenten und Anlagentechnik sind individuell zusammengestellt. Bei der Ausführung ergeben sich, ob gewollt oder nicht, oft noch Veränderungen gegenüber dem Konzept. Auch wenn Nutzerkomfort und Energieeffizienz in der Planungsphase optimiert wurden, müssen Anlagenbetrieb und Regelung also aufeinander abgestimmt und den tatsächlichen Rahmenbedingungen angepasst werden. Der Gebäudebetrieb gehört – insbesondere in den ersten Monaten – fachmännisch unter die Lupe genommen.*

**Abb. 1** Hauptverwaltung der SOLON SE, Berlin Adlershof: Im Rahmen des EnBop-Forschungsprojekts „Energie-Navigator“ werden innovative Werkzeuge zur Betriebsoptimierung des neuen Bürogebäudes und der Produktionsanlagen des Herstellers von Photovoltaik-Modulen eingesetzt. Foto: SOLON / myrzik & jarisch

In der Industrie ist der Weg von der Idee zum fertigen Produkt oft lang: Zunächst wird mit einzelnen Komponenten und Werkstoffen experimentiert, dann ein Prototyp gebaut und auf Funktion und Sicherheit überprüft. Auf die Tests folgt eine Null-Serie, in der auch Fertigungsabläufe untersucht und optimiert werden. Mit Testkunden wird die Reaktion der potenziellen Kundschaft überprüft und es werden letzte Korrekturen in Handhabung und Design vorgenommen. Erst nach dieser langen Kette von Vorbereitungen geht das Produkt an den Kunden. Bei Gebäuden ist dieser Ablauf völlig anders. Der Kunde steht bereits am Anfang des Projekts fest, er ist aber nicht notwendigerweise auch der spätere Nutzer. In vielen Projekten ist der Bauherr zum ersten Mal in dieser Rolle und kann nicht wie ein institutioneller Investor auf Erfahrungen aus anderen Projekten zurückgreifen. Aber eine exakte Kopie eines anderen, wenn auch überzeugenden Gebäudes, möchte er auch nicht haben. Die Investition ist enorm, das Bauteam aus Architekten, Fachplanern und ausführenden Firmen individuell zusammengestellt und die Besonderheiten des Baurechts sind unüberschaubar. Aus dieser ohnehin schwierigen Situation heraus wird dann aber kein Prototyp gebaut und umfangreich getestet, sondern es geht sofort aus der Planung in die 1:1-Umsetzung. Bauen ist der Sprung ins kalte Wasser. Diese Rahmenbedingungen bergen offensichtlich Risiken für die Verwirklichung der Planungsziele. Trotzdem schließen an die Errichtung in der Regel weder eine aktive Inbetriebnahme als Phase der intensiven Einregulierung noch ein kontinuierliches Monitoring zur Qualitätssicherung

an. Im Gegenteil erwartet der Nutzer nach Fertigstellung eine unmittelbare und möglichst uneingeschränkte Gebrauchsfähigkeit.

Hapert es am Komfort, wird oft mit Feuerwehrmethoden schnelle Abhilfe geschaffen: Wohliges Innenraumklima wird durch Anheben der Systemtemperaturen hergestellt, Beschwerden über schlechte Luftqualität mit einem beherzten Griff zum Handbetrieb der Lüftungsanlage entgegengewirkt – und im Zweifelsfall wird auch mal ein Klima-Splitgerät nachinstalliert. So lassen sich zwar gewisse Symptome abstellen, doch eine umfassende Problemanalyse fehlt und die Energieeffizienz sinkt. Der Anspruch der Planung wird still und heimlich im Betriebsalltag geopfert.

### Qualitätssicherung für die Gebäude der Zukunft

Die technischen Voraussetzungen ermöglichen schon heute nachhaltige Neubauten, Niedrigst-, Null- oder sogar Plus-Energie-Gebäude. In der Planungsphase werden solche Gebäude dann oft als „innovativ“, „ökologisch“ oder „intelligent“ etikettiert und als wegweisend gepriesen. Nachdem die Gebäude errichtet und in Betrieb genommen wurden, sinkt jedoch die Aufmerksamkeit für die ambitionierten Ziele schnell. Die verabreichten Etiketten bleiben – unabhängig vom tatsächlichen Erfolg des Gebäudekonzepts im Nutzungsalltag. Doch der hält nicht immer, was in der Planungsphase versprochen wurde. Eine Evaluierung von Gebäuden in



**Abb. 2** Gutes Management braucht gute Daten: Mit einem Monitoringkonzept können frühzeitig die richtigen Messstellen berücksichtigt werden. Foto: IGS

den USA, die nach dem amerikanischen Nachhaltigkeits-Standard LEED zertifiziert worden waren, zeigte, dass rund 20% der untersuchten Gebäude im Betrieb die geplanten Zielwerte und teilweise sogar die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestwerte verfehlten. Besonders brisant: Zu Letzteren gehören vornehmlich Gebäude mit

Gold- und Platinum-Status, also der besten Standards. Abweichungen von den Zielvorgaben können unterschiedliche Ursachen haben: Die Planung ist zu stark auf den Bau des Gebäudes und zu wenig auf dessen Betrieb fokussiert. Eine angemessene Qualitätssicherung der Werkplanung, Ausführung und Inbetriebnahme fehlt oder es fehlen eindeutige Vorgaben für die Einregulierung und die Betriebsführung der gebäudetechnischen Systeme. Zudem gibt es nur selten hilfreiche Unterlagen oder Veranstaltungen zur Information und Schulung der Nutzer, obwohl diese den Energieverbrauch und den Nutzerkomfort abhängig vom Gebäudekonzept erheblich beeinflussen können. Und auch die üblichen Betriebsüberwachungs- und Facility-Management-Systeme eignen sich meist nur bedingt, optimierbare Betriebsweisen zu erkennen. Ein Monitoring der Gebäudeperformance als Erfolgskontrolle im Betrieb erfolgt nur sehr selten.

Das führt schließlich dazu, dass innovative Gebäudekonzepte und -technologien in der Praxis häufig nur eingeschränkt wirken und ihr Komfort- und Energieeffizienzpotenzial nicht ausspielen können. Und weil viele Architekten, Fachplaner und Bauherren gar nicht erfahren, ob ihre Gebäude überhaupt wie geplant funktionieren, ist ein Lernprozess nicht zu erwarten.

Fazit: Die technischen Möglichkeiten für die Gebäude der Zukunft sind vorhanden – wir müssen sie nur effektiv nutzen. Wichtig auf diesem Weg ist die Qualitätssicherung von der Planung über die Bauausführung bis zur Inbetriebnahme. Ein Monitoring stellt Gebäude im laufenden Betrieb auf den Prüfstand und ermöglicht eine energetische Betriebsoptimierung. So wird sichergestellt, dass aus guten Konzepten auch gute Gebäude werden.



## Energetische Betriebsoptimierung

*Die energetische Betriebsoptimierung umfasst alle für den Gebäudebetrieb relevanten Bereiche, von der aussagekräftigen Funktionsbeschreibung bis zum effektiven Energiemanagement, vom Mängelmanagement bis zur Nutzerschulung. Neben der Energieeffizienz werden insbesondere auch das Raumklima, speziell bzgl. der Behaglichkeitskriterien (Komfort), sowie die Produktivität und Leistungsfähigkeit der Nutzer untersucht.*

*Bei Neubauten können die Grundlagen für eine optimale Betriebsführung schon in der Planungsphase gelegt werden, insbesondere durch Überlegungen zu den für eine adäquate Messwerterfassung (ein Monitoring) notwendigen Installationen innerhalb der Gebäudeautomationssysteme und/oder Kopplungen mit Energiemanagement- bzw. Energiecontrolling-Systemen. Die eigentliche Betriebsoptimierung beginnt dann mit der sorgfältigen Inbetriebnahme des Gebäudes.*

*Im laufenden Betrieb sind es in erster Linie gering-investive Maßnahmen, also die Korrektur von Betriebs-einstellungen, wie Kennlinien und Zeitprogrammen, oder der Austausch einzelner Komponenten, die in vielen Gebäuden 20% des Strom- und Wärmeverbrauchs und mehr einsparen können. Aufgrund der geringen Kosten amortisieren sich derartige Investitionen häufig in weniger als drei Jahren.*

*Neben der unmittelbaren Optimierung, die dem Gebäude und seinen Nutzern zugutekommt, kann eine solche Qualitätssicherung auch wichtige Erkenntnisse für zukünftige Projekte ergeben.*

### Die Rolle der Gebäudeautomation

Für die Einregulierung und ein anschließendes kontinuierliches Monitoring ist man auf Daten aus dem Betrieb angewiesen. Die Gebäudeautomation ist dafür in neuen Gebäuden oder bei umfassenderen Sanierungen die beste Quelle, da sich Betriebsdaten hier weitgehend ohne zusätzliche technische Infrastruktur erfassen lassen. Sie ist Gehirn und Nervensystem eines Gebäudes, das die Funktionen technischer Anlagen mit komplexen Regelstrategien steuert. Der sichere Zugriff auf die Daten die-

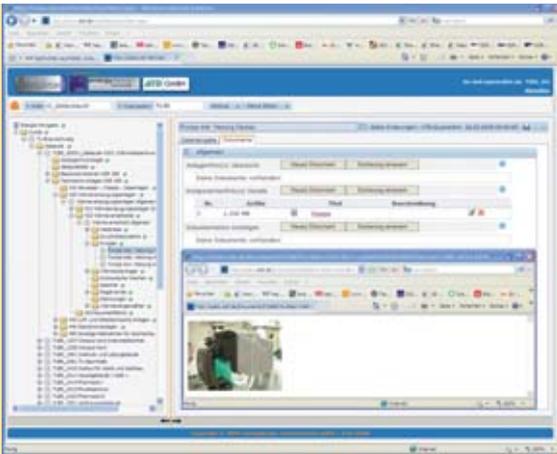


Abb. 3 Ausgangspunkt Bestandsaufnahme: Mit Hilfe von Softwareprogrammen lassen sich bestehende Gebäude strukturiert erfassen. Quelle: IGS

ser Systeme in einem historischen Datenspeicher ist für den Bauherren, den Gebäudebetreiber und die Experten für Qualitätssicherung wie der Blick in die Krankenakte eines Patienten: Hier muss jederzeit und uneingeschränkt Einsicht genommen werden können. Die Prüfung umfasst prinzipiell auch die Funktionen der Gebäudeautomation selbst.

### Es ist nie zu spät – Betriebsoptimierung im Bestand

Die energetische Betriebsoptimierung im Bestand kann in weiten Teilen ebenso erfolgen wie bei Neubauten. Es gibt jedoch auch einige gravierende Unterschiede. Der wichtigste: Das Gebäude steht schon. Als Konsequenz beginnt eine Betriebsoptimierung nicht mit der Planung, sondern mit einer Bestandsaufnahme und Überprüfung des Gebäudes. Sind alle relevanten Räume, Bauteile und Anlagen erfasst, kann auf dieser Basis ein Konzept zur Optimierung entwickelt werden.

Zweiter wichtiger Unterschied: Die Technik für das Monitoring kann nicht von vornherein mit eingebaut, sondern muss nachträglich installiert werden. Dies ist in der Regel deutlich teurer, sodass sich das Monitoring möglicherweise stärker auf einzelne Anlagen konzentrieren muss. Ist keine Gebäudeautomation vorhanden, muss gegebenenfalls auch eine zusätzliche, eigenständige Infrastruktur zur Datenerfassung (Energiemanagement- bzw. Energiecontrolling-Systeme) aufgebaut werden. An dieser Stelle ist sorgfältig abzuwägen, welche mittel- und langfristige Perspektive das Gebäude hat. Eventuell macht der Austausch einzelner Anlagen im Zuge der Optimierung auch die Installation einer Gebäudeautomation erforderlich, die dann wiederum für das Monitoring genutzt werden kann.

Dies führt zur dritten Besonderheit im Gebäudebestand: Die Optionen sind weiter gefächert. Neben der reinen Betriebsoptimierung müssen eine Instandsetzung, der Austausch einzelner Komponenten, die Nachrüstung einer Gebäudeautomation, die Erneuerung einzelner Anlagen oder die Sanierung bzw. sogar der Rückbau des gesamten Gebäudes in Betracht gezogen werden. Erst nachdem der Weg feststeht, sollten Investitionen in eine Monitoring-Infrastruktur erfolgen.

# 改善

Abb. 4 Die japanischen Schriftzeichen Kai und Zen bedeuten im Zusammenhang sinngemäß „Veränderung zum Besseren“

## Kaizen – Optimierung auf Japanisch

Anfang der neunziger Jahre war in der Automobilindustrie der Begriff des Kaizen plötzlich in aller Munde. Tief in einer Krise fragten sich die Hersteller, was die Konkurrenz aus Japan anders bzw. besser machte. Seitdem hat sich an den Produktionsprozessen in Deutschland einiges verändert. Auch andere Branchen haben diese Idee inzwischen aufgegriffen.

Gemäß der Philosophie des Kaizen, was übersetzt soviel bedeutet wie Veränderung (Kai) zum Besseren (Zen), führt die schrittweise und stetige Verbesserung (von Abläufen, Produktionsverfahren oder Produkten) zum Erfolg. Dazu gehört es auch, die Verschwendung von Ressourcen, wie Arbeitskraft, Maschinen und Material, zu vermeiden. Es ist kein hierarchisches Prinzip – sowohl der einfache Arbeiter als auch die Manager sind darin eingebunden.

Kaizen beinhaltet, die eigene Arbeit täglich in Frage zu stellen und anzuerkennen, wenn etwas verändert werden kann. Wurde eine Verbesserung umgesetzt, wird diese als Standard festgelegt und somit dauerhaft integriert. Dadurch ergibt sich ein ständiger Zyklus von Planung, Tätigkeit, Kontrolle und Verbesserung. Die Dokumentation spielt eine wichtige Rolle, denn sie ermöglicht es, zu vergleichen und in der Historie des Prozesses nachzusehen, um diesen Standard weiter zu verbessern.

Abb. 5 Toyota gilt als Vorreiter für die Umsetzung des Kaizen-Prinzips. Foto: TOYOTA FREY Austria



Abb. 6 Ein Handbuch kann dem Nutzer Einflussmöglichkeiten und Funktionszusammenhänge erläutern. Foto: IGS



## Der Nutzer als Maßstab

*Für ein Gebäude sind zufriedene Nutzer das A und O. Rein technisch gibt es heute zahlreiche Möglichkeiten, um den individuellen Komfort bei hoher Energieeffizienz zu optimieren. Doch ein Zuviel an Technik kann den Nutzer überfordern – oder er fühlt sich durch vorprogrammierte Regelungen bevormundet. Er sollte also in die wichtigsten, ihn betreffenden Funktionen der Gebäudetechnik eingreifen können, aber auch wissen, was er damit bewirkt. Denn sonst kann sein Verhalten leicht das Energie- und Komfortkonzept auf den Kopf stellen.*

Gebäude sollen einen Innenraum mit einem hochwertigen Komfort für die jeweiligen Anforderungen bieten. Dies ist nicht nur aus der individuellen Sicht der Nutzer wünschenswert, die sich im Gebäude wohlfühlen möchten. Auch für den Bauherrn oder Eigentümer, ob öffentliche Verwaltung, selbst nutzendes Unternehmen oder Immobilienfonds, ist dies von Bedeutung: Der Komfort wirkt sich stark auf die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit der Nutzer aus. Er ist also ein Schlüsselfaktor für die Produktivität der Mitarbeiterschaft. Dieser Aspekt kann wirtschaftlich weit mehr ausmachen als die Mehrkosten durch einen energetisch nicht optimierten Betrieb. In der Praxis ist deshalb häufig zu beobachten, dass für den Gebäudebetrieb allein der Nutzerkomfort im Mittelpunkt steht – die Energieeffizienz ist dann zweitrangig.

### Gebäudeautomation: die Black Box

Die Automation der in Büro-, Konferenz- oder Schulräumen installierten Gebäudefunktionen wie Heizung/Kühlung, Lüftung sowie Beleuchtung und Sonnenschutz können den thermischen Komfort verbessern und gleichzeitig den Energieverbrauch auf das unbedingt notwendige Maß reduzieren. Die Funktionsweise der automatisierten Komponenten wird allerdings nicht selten als störend empfunden. Besonders kritisch sind hier beispielsweise Sonnenschutzsteuerungen, die die Position eines jeden Behangs mit komplexen Algorithmen nach der Außentemperatur, dem Sonnenstand und der Solarstrahlung lenken.

Nachvollziehbar sind diese Regeln für den Nutzer nicht. Er hat jedoch im Normalfall die Möglichkeit, in die Funk-

tionen einzugreifen. Dabei kann sein Verhalten dem Energie- und Komfortkonzept zuwiderlaufen. Offene Fenster können Komfort und Energieeffizienz nicht nur im Winter, sondern auch bei hohen Außentemperaturen im Sommer durcheinanderbringen. Das „richtige“ Verhalten ist für den Nutzer aber nicht immer unmittelbar erkennbar, wenn ihm die konzeptionellen Zusammenhänge nicht bekannt gemacht worden sind.

### Den Nutzer einbeziehen

Bereits in den ersten Phasen eines Projekts sollten nach Möglichkeit den Nutzern oder seinen Vertretern die technischen Optionen sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen möglichen Konzepte verdeutlicht werden. In jedem Fall aber gehört es dazu, das umgesetzte Energie- und Komfortkonzept verständlich zu erläutern. Kurze Hinweise und Informationen erleichtern es vielen Nutzern, sich an eine neue Situation zu gewöhnen. Im EnOB-Demonstrationsgebäude Neues Regionshaus Hannover wurde hierzu ein kompaktes Handbuch erstellt und an alle Mitarbeiter verteilt. Insbesondere die raumbezogenen Funktionen wurden einzelnen Nutzern ergänzend durch ein kurzes Gespräch im eigenen Büro erläutert.

Als sehr effektiv hat sich im gleichen Gebäude ein Intranet-basiertes Service-Portal als „Kummerkasten“ erwiesen. Hier können die Nutzer mit wenigen Klicks jede Art von Wunsch, Problem oder Störung in Bezug auf ihren Raum eingeben und an das Gebäudemanagement senden. Dort werden die Service-Anforderungen gesichtet, aufbereitet und bearbeitet. Solche Inter-/Intranet-



Abb. 7 Neue Technologien können die Kommunikation zwischen Mensch und Gebäude verbessern.  
Foto: IGS



Abb. 8 Komfortmessung vor Ort mit Hilfe einer mobilen Messtechnik-Station. Gemessen werden u.a. Strahlungsasymmetrie, Lufttemperatur, Operative Temperatur, Taupunkttemperatur und Luftgeschwindigkeit. Foto: IGS

basierten Lösungen können schnell, kostengünstig und auf das Gebäude bezogen eingerichtet werden. Sie schaffen die Möglichkeit zu einer konstruktiven Rückmeldung der Nutzer (Feedback), entlasten das Gebäudemanagement und erlauben im Nachhinein eine Auswertung der während der Inbetriebnahme aufgetretenen Probleme.

Sowohl Nutzerhandbuch als auch Service-Portal sollten durch den Energieplaner konkret und präzise aus dem umgesetzten Energie- und Komfortkonzept entwickelt werden, damit der Bezug zu den Raumfunktionen für den Nutzer einfach und verständlich nachvollziehbar ist. Wichtig: Der Service sollte schon beim Bezug des Gebäudes bereitstehen. Oft werden Ticketsysteme oder komplexe Hotline-Portale als Teil von CAFM-Software (Computer Aided Facility Management) erst nach und nach eingerichtet, sodass die Funktion in der entscheidenden Phase der Inbetriebnahme noch nicht zur Verfügung steht. Deshalb können kleine, kostengünstige Lösungen oft besser geeignet sein als große Software-Lösungen, die erst zu einem Zeitpunkt funktionieren, an dem bei den meisten Nutzern schon der erste Enthusiasmus wieder verfliegen ist.

### Komfort unter der Lupe

Fühlt sich ein Nutzer in einem Gebäude unbehaglich, kann dies zu nachhaltiger Unzufriedenheit führen. Ein technisches Monitoring liefert hier zumindest eine objektive Grundlage, um die Situation zu bewerten. Die entsprechenden Parameter können entweder durch speziell für diesen Zweck installierte oder durch mobile Messtechnik ermittelt werden. Mit Nutzerbefragungen können die Messungen durch subjektive Eindrücke ergänzt und versteckte Komfortdefizite oder funktionale Probleme identifiziert werden.

Ist eine dauerhafte Überprüfung des Nutzerkomforts beabsichtigt, sollten die entsprechenden Messwerte der Einzelraumregelung, wie z. B. Raumlufttemperatur oder Beleuchtung, kontinuierlich über die Gebäudeautomation erfasst, gespeichert und für die Messdatenanalysen bereitgestellt werden. Bei Neubauten sollten die Ziele und Nachweisverfahren für den Nutzerkomfort und der Umfang eines solchen Monitorings bereits in der Entwurfsphase festgelegt werden.



## Thermische Behaglichkeit

Die Anforderungen an das Innenraumklima sind gestiegen, also der Wunsch nach für den Menschen gesunden und leistungsfördernden Raumqualitäten. Insbesondere das seit den sechziger Jahren in voll klimatisierten Gebäuden aufgetretene Sick-Building-Syndrom hat dazu geführt, die Auswirkungen des Innenraumklimas auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen zu untersuchen. Als messbare Größen mit Einfluss auf die thermische Behaglichkeit wurden Raumlufttemperatur, Temperatur der Raumumschließungsflächen, Raumluftfeuchte, Lüfterneuerungsrate sowie Reinheitsgrad der Raumluft ermittelt. Für ausgewählte Einflussgrößen hat der dänische Wissenschaftler Ole Fanger aus Versuchsreihen mit Probanden Grenzwerte der thermischen Behaglichkeit abgeleitet. Ein Ergebnis war außerdem, dass sich der Anteil der mit der thermischen Behaglichkeit unzufriedenen Personen insgesamt kaum unter 5% verringern lässt. Thermisch behagliche Verhältnisse liegen vor, wenn nicht mehr als 10% der Raumnutzer unzufrieden sind. Die Untersuchungsergebnisse sind in verschiedenen europäischen Normen berücksichtigt, z. B. der DIN EN ISO 7730 (Ergonomie der thermischen Umgebung).

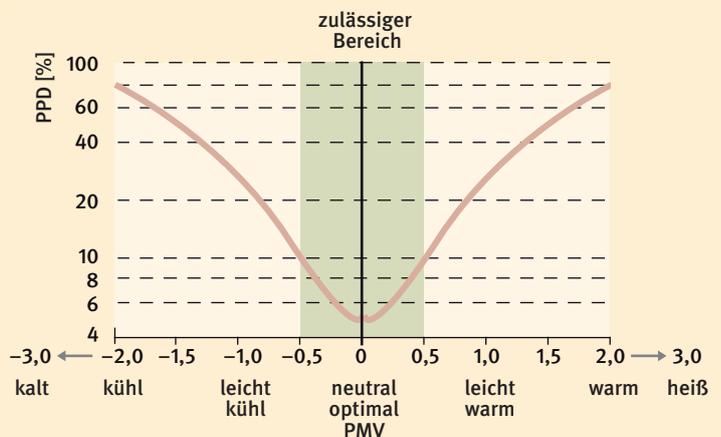


Abb. 9 Prozentsatz der Raumnutzer, die mit den herrschenden raumklimatischen Verhältnissen nicht zufrieden sind (PPD-Index), in Abhängigkeit der mittleren subjektiven Klimabewertung der Raumnutzer (PMV-Index – predicted mean vote) nach Fanger.

Abb. 10–12 Mit Hilfe von Tageslichtsimulationen kann in der Planungsphase der Einsatz von Kunstlicht optimiert werden.  
Quelle: IGS



## Weichenstellung in der Planung

*Die Grundlagen für Nutzerkomfort und Energieeffizienz werden bereits in den frühen Planungsphasen geschaffen. Dynamische Gebäude- und Anlagensimulationen helfen bei der Optimierung. Aber nur diejenigen Ziele, die zu Beginn eines Projekts präzise und sinnvoll definiert wurden, können später mit vertretbarem Aufwand und ausreichender Exaktheit auch überprüft werden.*

Die Gebäudetechnik ermöglicht heute ein breites Spektrum von einfachen bis zu technikintensiven und hochkomplexen Konzepten. Letztere verursachen in der Regel höhere Betriebskosten, insbesondere durch Wartung und Instandhaltung, und erfordern eine in entsprechendem Maße umfassendere Qualitätssicherung in allen Phasen des Lebenszyklus. Deshalb sollte schon in der Konzeptphase ein realistischer Blick in die Zukunft geworfen werden: Wie erfolgt das Gebäudemanagement? Welche personelle Ausstattung ist für den Gebäudebetrieb vorgesehen und wie erfolgen Einregulierung und Monitoring? Wie viel Automation akzeptieren die späteren Nutzer? „Theoretisch“ effiziente und komfortable Konzepte bieten keine Garantie für einen erfolgreichen Betrieb in der Praxis. Deshalb sollten bereits in der Planung die Weichen für eine Erfolgskontrolle gestellt werden.

### Integrale Planung

Eine integrale Planung führt einzelne Planungsaufgaben zu einem optimierten Ganzen zusammen. So kann beispielsweise durch hochgedämmte Fassaden mit integriertem Sonnenschutz die Größe von Heiz- und Kühlsystemen in Räumen reduziert werden. Das Ergebnis sind „schlanke“ Gebäude, die ein hochwertiges Innenraumklima mit einem geringeren Einsatz an technischer Gebäudeausrüstung erreichen. Umso wichtiger sind die präzise Dimensionierung der einzelnen Teile, ihre Abstimmung im Gesamtkonzept, optimale Regelung aller Anlagen und die frühzeitige Entwicklung eines effektiven Konzepts zur Qualitätssicherung bis in den Betrieb.

### DIN V 18599

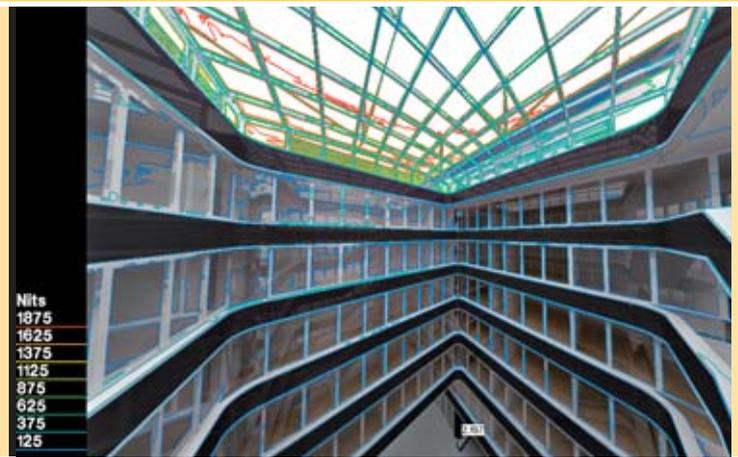
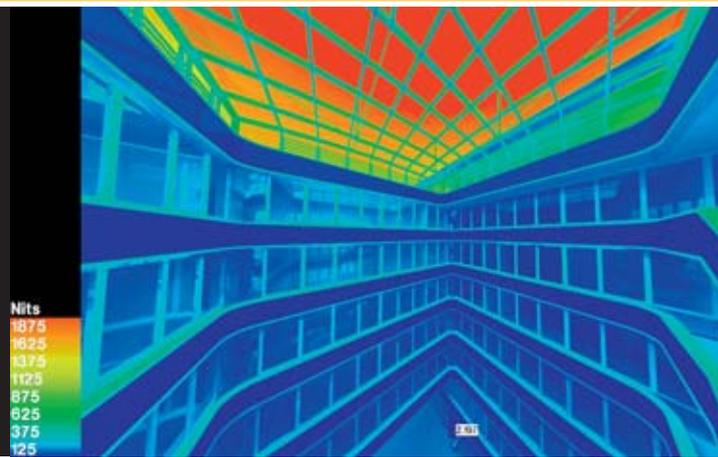
EnEV 2009 und DIN V 18599 bieten eine einheitliche Methodik zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden in der Planungsphase. Mit ihr können der theoretische Energiebedarf eines Gebäudes berechnet und unterschiedliche Planungsvarianten bewertet werden. Die DIN V 18599 ist damit ein zentrales Planungswerkzeug, um Standards für die Energieeffizienz in Gebäuden zu sichern.

### Simulationen

Ein weiteres Instrument zur Planung integraler Konzepte sind dynamische Gebäude- und Anlagensimulationen. Unter Berücksichtigung dynamischer Rahmenbedingungen wie Wind, Temperatur, Strahlung sowie Betriebs- und Nutzungsbedingungen lassen sich bauphysikalische Maßnahmen, Energiebedarf und Komfort in Modellen abbilden, untersuchen und optimieren. Da die Berechnungen dynamisch sind, das heißt Energiebilanzierungen in Stundenschritten oder kürzer erfolgen, können sie geschlossene Wirkungskreise realitätsnah abbilden. Mithilfe entsprechender Software zur dynamischen Modellierung kann das Verhalten von Gebäuden und Anlagen also im zeitlichen Verlauf einschließlich unterschiedlicher Regelungsstrategien detailliert und präzise untersucht und optimiert werden, was bis hin zu konkreten Vorgaben für die späteren Betriebsweisen reicht.

Ihre Entsprechung finden die in der Simulation entwickelten Gebäudefunktionen in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR) bzw. der Gebäudeautomation (GA). Diese setzen die als optimal identifizierten Betriebsweisen später um.

Als Maßstab für den späteren Betrieb bzw. als Werkzeug für die Erfolgskontrolle sind diese Planungswerkzeuge jedoch aus mehreren Gründen nur bedingt geeignet: Die Berechnungen basieren notwendigerweise auf einer Vielzahl von Annahmen. Dies umfasst technische Festlegungen zu Betriebszeiten, Systemtemperaturen und Arbeitszahlen ebenso wie die tatsächliche Nutzung und das Verhalten der Menschen im Gebäude. Darüber hinaus erfolgt bei der Modellbildung immer eine Vereinfachung der realen Zusammenhänge, die zu einer Unschärfe der Ergebnisse führt.



Ein viel diskutiertes Beispiel für die Problematik der Nutzung von Planungswerkzeugen für die Erfolgskontrolle ist der sommerliche Wärmeschutz in Bürogebäuden. In der Planung können die jährlichen Überhitzungsstunden eines Raumes unter Annahme u. a. der Raumgeometrie, interner und externer Wärmelasten und der Betriebsweise von Kühlsystemen präzise simuliert werden. In der Praxis kann jedoch das Nutzerverhalten eine völlig andere Situation bewirken.

### Qualitätssicherung und Erfolgskontrolle

Dies weist auf ein weiteres Problem hin: Wie wird der Erfolg im Betrieb überprüft?

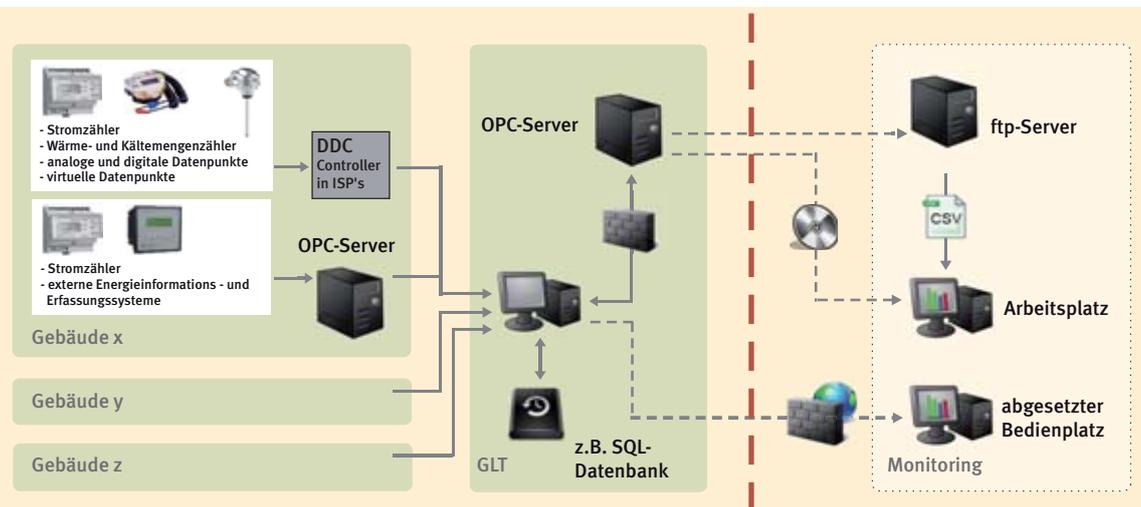
Kritisch ist hier insbesondere der in der Planung oft in den Mittelpunkt gestellte Energiebedarf. Er ist das offensichtlichste Ergebnis der Berechnungen nach DIN V 18599. Energiebedarf und Energieverbrauch – der erste in der Planung berechnet, der zweite im Betrieb gemessen – sind aber schon aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen nicht identisch. Eine Erfolgskontrolle anhand des Energiebedarfs ist aber auch deshalb schwierig, da er sich im Betrieb so gut wie nicht überprüfen lässt. In Gebäuden wird meist nur der Gesamtenergieverbrauch aus Wärme- und Stromlieferung gemessen. Dieser beinhaltet aber auch Anteile, die nicht in der DIN-Bilanz enthalten sind, wie z. B. für die gesamte technische Büroausstattung, für Küchen oder zentrale Rechenzentren. Eine exakte Differenzierung ist selbst bei äußerst umfangreichen Monitoring-Konzepten nicht vollständig möglich. Für die Qualitätssicherung im Betrieb ist es also notwendig, spezifische Ziele, Randbedingungen und Methoden zu definieren. Diese sollten folgende Kriterien erfüllen:

- Die Ziele müssen **eindeutig** beschrieben werden. Die Definition umfasst nicht nur die Standards für den Energiebedarf und den Nutzerkomfort, sondern insbesondere auch die entsprechenden Methoden zu ihrer Überprüfung einschließlich der Randbedingungen. Bei der Beschreibung von Energiekennwerten muss z. B. klar spezifiziert werden, ob es sich um Primär-, End- oder Nutzenergie handelt. Ebenso muss beispielsweise bei der Bezugsfläche festgelegt werden, welche Teilflächen tatsächlich enthalten sind. Für die Zielsetzung einer effizienten Lüftung

sind entsprechende Angaben zur spezifischen Ventilatorleistung und -laufzeit, ggf. in verschiedenen Betriebsstufen, zu machen, denn die Festlegungen zur Optimierung der variablen Teilleistungsbetriebszustände sind von wesentlicher Bedeutung. In der Regel empfiehlt es sich, auf bestehende Normen und Regelwerke zu verweisen.

- Die Zielvorgabe muss für die beteiligten Akteure **nachvollziehbar** sein, auch um eindeutige Grundlagen für die spätere Überprüfung im Betrieb zu schaffen. Dies betrifft nicht nur den Zielwert und die entsprechenden Randbedingungen selbst, sondern insbesondere auch die Methodik, mit der die Ziele in der Praxis überprüft werden. Messstellen und –verfahren sowie die Methode der Auswertung müssen klar beschrieben werden. Es ist festzulegen, wer eine Prüfung z. B. während der Errichtung durchführt und welche Pflichten den ausführenden Firmen obliegen. Auch für Abnahmen technischer Anlagen sind der geforderte Umfang und der formale Ablauf festzulegen. Voraussetzungen für Funktionstests müssen vorab geschaffen werden. Die Transparenz und Nachvollziehbarkeit dient nicht nur der Erfolgskontrolle, sondern auch dazu, die Zielsetzung der Qualitätssicherung zu verdeutlichen: Sinn der Vorgaben ist es nicht, Fehler zu finden, sondern Fehler zu vermeiden.
- Damit die Qualitätssicherung auch tatsächlich erfolgt, ist darauf zu achten, dass die für die Überprüfung der Ziele notwendigen Maßnahmen realistisch und **umsetzbar** sind. Die Überlegungen sollten hier immer bei der Technik beginnen, die zum Betrieb des Gebäudes bereits vorhanden ist. Dies gilt insbesondere für die Datenerfassung im Rahmen eines langfristigen Monitorings: Hier sollte – soweit vorhanden – die bestehende Gebäudeautomation genutzt werden. Darüber können alle Daten aus dem Betrieb erfasst, gespeichert und für eine Auswertung exportiert werden. Entsprechende Vorgaben müssen allerdings sehr präzise gefasst und in die Ausschreibung für die MSR- und GA-Technik integriert werden. Zusätzliche Messtechnik sollte in der Praxis die Ausnahme sein, kann aber zur Überwachung einzelner, energieintensiver Anlagen eine sinnvolle Ergänzung bilden.

**Abb.13** Technischer Aufbau für die Betriebsüberwachung: Die Gebäudeautomation mit guten Schnittstellen zum Monitoring liefert die relevanten Betriebsdaten.  
Quelle: IGS



# Betriebsmanagement basiert auf Information

*Das effektive Monitoring von Gebäuden, also die Betriebs- und gleichzeitige Energieverbrauchsüberwachung, ist eine ebenso neue wie notwendige Dienstleistung. Sie entspricht ihrem Charakter nach einem Controlling-Prozess. Dieser steht und fällt – wie auch in der Betriebswirtschaft – mit den verfügbaren Daten. Die Anforderungen sind deshalb frühzeitig und präzise zu definieren. Sie sollten bereits in der Konzeption eines Gebäudes bedacht und in der Ausschreibung für Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und Gebäudeautomation vorgesehen sein.*

Innovative Gebäude nutzen oft sensible, weniger leistungsstarke Systeme und präzise Regelungsstrategien, um für unterschiedliche Nutzungs- und Witterungsbedingungen jeweils optimale Betriebsweisen zu ermöglichen. Diese Strategien können zwar mit Hilfe von Simulationen entwickelt werden, der optimale Betriebszustand kann bei Planung und Errichtung aber nur in einem begrenzten Maße vordefiniert werden. Insbesondere bei komplexen und anlagenübergreifenden Funktionen ist eine Abstimmung der errichteten Anlagen auf reale Witterungsbedingungen und die tatsächliche Nutzung erforderlich.

Um eine effektive Einregulierung und anschließende Überwachung des optimierten Gebäudebetriebs zu ermöglichen, muss zusammen mit der Entwicklung eines integralen Energiekonzepts deshalb immer auch ein Konzept für die funktionale Qualitätssicherung im Betrieb erstellt werden. Ein solches Konzept muss folgende Anforderungen definieren:

## Welche Ziele werden mit dem Monitoring-Konzept verfolgt?

Neben dem Ziel der Einregulierung und Betriebsoptimierung kann ein Bauherr auch andere Ziele mit dem Monitoring verfolgen. Sollen Planungsziele überprüft werden, sind Messstellen wie Energie- oder Betriebsstundenzähler entsprechend der in der Planung definierten Ziele vorzusehen. Das Monitoring kann auch Energieverbrauchsdaten für die kaufmännische Abrechnung von Mietbereichen oder Daten zur Bewertung von Leistungen des Gebäudemanagements liefern.

## Welche Daten sollen gemessen und erfasst werden?

Zieldefinitionen und Monitoringkonzept müssen zusammenpassen: Im Monitoring-Konzept sind alle Messstellen bzw. Datenpunkte festzulegen, die verwendet werden sollen. Gebäude, die umfassend mit Gebäudeautomation ausgestattet sind, verfügen bereits über viele der interessanten Daten, da diese für die Regelung des Gebäudes verwendet werden. Sie werden jedoch im Normalfall nicht gespeichert und in einem exportfähigen Format für eine Datenübergabe zu weiteren Auswertungen vorgehalten. Neben der Messstelle sind hier insbesondere für Energiezähler zusätzliche Angaben zu machen, wie die Impulsgenauigkeit, da eine detaillierte Betriebsanalyse nur mit einer entsprechend genauen Auflösung möglich ist.

## Wie sollen die Daten zur Verfügung gestellt werden?

Um eine umfassende Analyse des Gebäudebetriebs zu ermöglichen, müssen die Daten dauerhaft zur Verfügung stehen. Deshalb muss die Gebäudeautomation die Betriebsdaten in einen historischen Datenspeicher schreiben, auf die das Monitoring zugreifen kann, z. B. auf einem abgesetzten Bedienplatz des Gebäudeleitrechners oder in eine externe SQL-Datenbank, in der die Daten in vorgegebenem Format gespeichert werden. Die zu übergebenden Datenformate sind ebenfalls zu definieren. Dabei ist insbesondere auf eine eindeutige und nachvollziehbare Benennung der Datenpunkte, auf das Intervall zwischen den Messzeitpunkten und auf die Benennung der physikalischen Einheiten zu achten.

## Aus der Praxis

### Betrieboptimierung im Neubau: Volkswagenbibliothek der TU Berlin

Die Bibliothek ist seit Oktober 2004 in Betrieb. Eine zentrale Rolle bei ihrer Energieversorgung spielt ein Bodenabsorber, der das Erdreich unter dem Gebäude als saisonalen Speicher nutzt. Er dient in Kombination mit einer Betonkernaktivierung zum Heizen und Kühlen der Büros und Lesesäle. Das im Laufe des Winters mittels einer Wärmepumpe abgekühlte Erdreich steht im Sommer als Kältequelle für die freie Kühlung zur Verfügung. Reicht dies nicht aus, wird eine Kältemaschine zugeschaltet. In Lesesaalbereichen und Magazinen sind Lüftungsanlagen installiert. Die Zuluft wird mit Hilfe von Sorptions-technik unter Einsatz von Fernwärme und Wasser gekühlt.

In der ersten Betriebszeit der Bibliothek führten Ausführungsfehler bei den technischen Anlagen sowie Fehler in der Regelung bzw. ungeeignete Regelstrategien zu erheblichen Problemen. So funktionierte weder die erdgekoppelte Wärmepumpe noch die Konditionierung der Zuluft zuverlässig. Mit Raumtemperaturen von 25 bis 27 °C – sowohl im Sommer als auch im Winter – war der Innenraumkomfort nicht akzeptabel.

Die Betondecken waren infolge einer nicht funktionierenden Wärmepumpe und eines Fehlers in der Regelung durch Fernwärme mit viel zu hohen Temperaturen versorgt worden, statt, wie vorgesehen, über Erdwärme. Aufgrund fehlender Messstellen und Anzeigen konnte die Betriebsmannschaft vor Ort die Fehlfunktion des Erdreichspeichers nicht erkennen. Der fehlende Wärmeentzug während des ersten Winters und ein erhöhter Wärmeeintrag im Sommer führten zu einer übermäßigen Erwärmung des Erdreichs. Aus diesem Grund stand es im folgenden Sommer kaum mehr für die Wärmeabfuhr zur Verfügung.

Eine Evaluierung und Betriebsoptimierung des Gebäudes läuft seit 2005. In einem Langzeit-Monitoring werden Strom-, Fernwärme- und Wasserverbräuche sowie der Nutzerkomfort in den unterschiedlichen Bereichen der Bibliothek erfasst. Besonderes Augenmerk gilt der Performance des Bodenabsorbers.

Inzwischen wurden zahlreiche Mängel beseitigt und ein korrekter Betrieb der Gebäudetechnik ermöglicht. Der Primärenergieverbrauch des Gebäudes stieg durch die überwiegend der Verbesserung des Nutzerkomforts dienenden Maßnahmen 2006 zunächst an. Optimierungsmaßnahmen im Frühjahr 2007 bewirkten dann eine dauerhafte Reduzierung der Betriebskosten.

Da es sich bei den umgesetzten Maßnahmen überwiegend um Veränderungen in der Betriebsweise handelt oder diese als Mängelbeseitigung im Rahmen der Gewährleistung abgewickelt werden konnten, sind für die energetische Betriebsoptimierung keine zusätzlichen Investitionskosten angefallen. Demgegenüber konnten die Energiekosten für Strom und Wärme 2007 im Vergleich zum Vorjahr um etwa 126.000 Euro gesenkt werden. Hinzu kommen noch Einsparungen beim Wasser für die Sorptionstechnik in Höhe von etwa 13.000 Euro. Weiteres Potenzial wird bei den Lüftungsanlagen mit Sorptionstechnik gesehen. Können die Temperaturen im Erdreich unter dem Bodenabsorber weiter abgesenkt werden, wird der freie Kühlbetrieb wieder möglich und regenerativ erzeugte Kälte kann konventionelle ersetzen.



Abb. 14 Der Neubau der Volkswagen Bibliothek in Berlin. Architektur: Walter Noebel, Foto: Stefan Müller

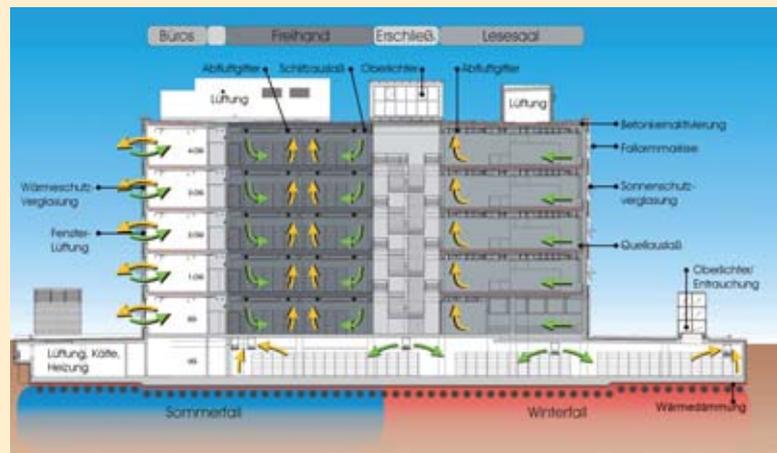


Abb. 15 Schema des Energiekonzepts: Ablesbar sind Lüftungskonzept, Heiz- und Kühlsystem mit Betonkerntemperierung sowie verschiedene Maßnahmen an der Gebäudehülle. Quelle: IGS

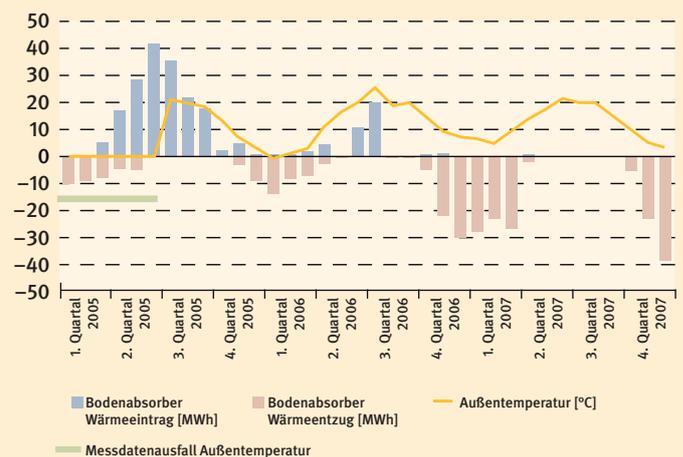


Abb. 16 Mehr Leistung vom Bodenabsorber durch die Behebung hydraulischer Mängel im System und eine optimierte Regelung der Betonkernaktivierung. Quelle: IGS

#### Ergebnisse des Optimierungsprozesses

	2005	2006	2007
Primärenergieverbrauch (bez. auf NGF)	317 kWh/m <sup>2</sup> a	347 kWh/m <sup>2</sup> a	285 kWh/m <sup>2</sup> a
Überhitzungsstunden in den Lesesälen (bez. auf Nutzungsstunden)	Keine Messung	10%	2%

Weitere Informationen  
zu diesem Gebäude  
[www.enob.info](http://www.enob.info)

**Abb.17** Integrale Qualitätssicherung während der Errichtung – geringe Kosten, große Wirkung.  
Foto: IGS



## Errichtung und Inbetriebnahme

*Die Qualitätssicherung während der Errichtung und bei der Inbetriebnahme ist ein wesentlicher Baustein, um einen energieeffizienten und komfortgerechten Betrieb zu erreichen. Im Kontext der Planungsleistungen, deren Ergebnis in der Praxis auf dem Spiel steht, sind die Kosten minimal. Die Einregulierung muss gerade bei integralen Konzepten über das gesamte erste Betriebsjahr erfolgen. Somit wandelt sich die Inbetriebnahme von einer einzelnen Abnahme zu einem längeren Prozess, in dem die Betriebsführung umfassend optimiert wird.*

### Qualitätssicherung von A bis Z – auch Aufgabe des Energieplaners

Üblicherweise liegt die Qualitätssicherung während der Errichtung in der Hand der Fachbauleiter und ist damit in einzelne Gewerke aufgeteilt. Um die integrale Qualität von Gebäuden zu verankern, muss die kontinuierliche Qualitätssicherung als Bestandteil der Bauleitung des verantwortlichen Energie- und Klimaplaners konsequent bis in den Betrieb fortgesetzt werden. Zu Beginn eines Projekts sollte dieser grundsätzlich auch ein Konzept dazu entwickeln.

Entsprechend dem Umfang und der Komplexität des Bauvorhabens kann die Qualitätssicherung sehr unterschiedlich ausfallen: Bei einfachen, eher konventionellen Gebäuden kann sich diese in der Bauphase auf die Überprüfung von Bauteil- bzw. Anlagenaufbauten sowie die Teilnahme an Abnahmen und Funktionsprüfungen beschränken, wie z. B. die Einregulierung einer Lüftungsanlage. Zusätzliche Untersuchungen, wie ein Blower-Door-Test, sind sinnvoll in den Bauablauf zu integrieren. Bei komplexen Gebäuden sollten auf das Konzept abgestimmte Prüfungen detailliert festgelegt werden und ggf. auch zusätzliche Prüfungen einzelner Gewerke und Zwischenabnahmen umfassen, um Bauverzögerungen und unnötige Mehrkosten zu vermeiden. Wenn die Prüfungen zu einem frühen Zeitpunkt kommuniziert und abgestimmt werden, können sie den ausführenden Firmen helfen, die geforderten Qualitätsstandards besser umzusetzen.

### Kein Informationsverlust bei der Übergabe!

Schnittstellen ergeben in Projekten immer kritische Situationen. Ganz besonders gilt dies für die Fertigstellung eines Gebäudes. Denn zu diesem Zeitpunkt verlassen so gut wie alle Planer und ausführenden Firmen das Projekt und geben es in die Hand des Bauherrn und des Gebäudemanagements. Damit gehen in der Regel all diejenigen von Bord, die das Gebäude erdacht, die Konzepte entwickelt, Simulationen durchgeführt und Anlagen installiert haben.

Jetzt kommt es auf eine gute Informationsaufbereitung für die Übergabe an:

#### • Dokumentation der Konzeption

Die Dokumentation von Gebäuden liegt in der Regel bei Fertigstellung eines Gebäudes nur unvollständig und nicht abschließend aktualisiert vor. Oft wird einfach die Ausführungsplanung als Revisionsplanung für das Instandhaltungsmanagement übergeben. Für den Betreiber energieoptimierter Gebäude kann dies auch ein Zuviel an Information bedeuten, aus dem die Definition der konzeptionellen Planungsabsichten nicht mehr klar erkennbar ist. Neben der „normalen“ Revisionsplanung sollten deshalb ebenfalls übergeordnete Planungsziele zu Betriebszuständen und übersichtliche Anlagenschemata die hydraulischen Zusammenhänge und optimalen Betriebsweisen sichtbar machen. Angenommene



**Abb. 18** Insbesondere bei später nicht mehr korrigierbaren Maßnahmen – wie hier bei der Installation einer Betonkernaktivierung – ist die Qualitätssicherung entscheidend. Foto: IGS



**Abb. 19** Gute Wärmedämmung ist nicht nur bei der Gebäudehülle wichtig, sondern auch an den technischen Anlagen. Foto: IGS

Randbedingungen und nach Möglichkeit auch Methoden zur Prüfung im Betrieb müssen sorgfältig dokumentiert sein.

#### • Information über automatisierte Gebäudefunktionen

Energieeffiziente Gebäude werden mit Hilfe von dynamischen Simulationen oft sehr präzise auf bestimmte Nutzungsszenarien und Betriebsweisen ausgelegt. In der Nutzung ist eine entsprechend sorgfältige Betriebsführung von ebenso großer Bedeutung. Die Dokumentation automatisierter Prozesse in Gebäuden ist deshalb ein zunehmend anspruchsvoller Bestandteil der Revisionsunterlagen. Zumeist liegt im Betrieb nur eine unpräzise Funktionsbeschreibung vor, üblicherweise in Form eines Textdokuments, ergänzt durch Anlagenschaubilder. Diese sind naturgemäß nur schwer zu pflegen, sodass eine Aktualisierung gerade während der wichtigen Phase der Inbetriebnahme oft entfällt. Hinzu kommt, dass Mitarbeiter des Gebäudemanagements die Funktionen nur bedingt „rekonstruieren“ bzw. nachvollziehen können, da diese in überwiegendem Maße in der Programmierung der Automationsstationen enthalten und „von außen“ meist nicht einsehbar sind.

#### • Instruktion der Nutzer

In den ersten Monaten nach dem Bezug eines Gebäudes müssen sich neben dem Betriebspersonal auch die Nutzer zunächst mit dem Gebäude und seinen – möglicherweise ungewohnten – Funktionen vertraut machen. Das Gebäudemanagement ist hier meist der erste Ansprechpartner bei kalten Heizkörpern, defektem Sonnenschutz, missverständlichen Bedienpaneelen und allgemeinem Unwohlsein. Können die Funktionen in diesem Moment nicht wenigstens im Grundsatz erläutert werden, führt dies zu Frustration auf beiden Seiten und verringert die Akzeptanz des Gebäudes. Um die Nutzer eines Gebäudes auf die spezifischen Konzeptmerkmale eines Gebäudes hinzuweisen, sollten die wesent-

lichen Funktionen in ihrem Umfeld so aufbereitet werden, dass sie beispielsweise in Form einer kompakten Nutzer-Informationsbroschüre oder bei Bedarf auch einem kurzen Informationsgespräch übermittelt werden können.

#### Die Inbetriebnahme als Prozess

Die korrekte Funktionsweise der technischen Anlagen lässt sich bei Fertigstellung eines Gebäudes bestenfalls stichprobenartig überprüfen. Deshalb sollte bei der für den Gebäudebetrieb besonders wichtigen Gebäudeautomation und Mess-, Steuer- und Regelungstechnik erwogen werden, die Endabnahme entsprechend VOB/B §12 Ziffer 2 in eine Vollständigkeitsprüfung und eine Funktionsprüfung zu gliedern. Erstere kann unmittelbar nach Abschluss der Arbeiten stattfinden. Die Schlussabnahme erfolgt dann nach der notwendigen Funktionsprüfung über die gesamte Leistungsbandbreite. Der Teilleistungsbereich mit den meisten jährlichen Betriebsstunden ist hierbei von besonderer Bedeutung.

Die Inbetriebnahme erfordert ein explizites Monitoringkonzept, das zum Zeitpunkt des Betriebsbeginns so weit wie möglich funktionsfähig sein sollte. Gerade bei integrierten Konzepten muss die präzise Einregulierung in einem längeren Prozess über das gesamte erste Betriebsjahr mit den entsprechenden jahreszeitlichen Wechsels erfolgen. Die umfassende Optimierung der Betriebsführung beinhaltet unter anderem:

- Überprüfung der Planungsvorgaben, insbesondere der Funktionsbeschreibung, wie z. B. Soll-Werte, Zeitprogramme, Kennlinien;
- Prüfung der Komfortziele, z. B. Raumtemperaturen, Luftwechsel;
- Überprüfung und Optimierung der Funktionen einzelner Anlagenteile, z. B. Kältemaschinen, freie Kühlung etc. sowie ihrer Energieeffizienz.

**Abb. 20** Das Nervensystem eines Gebäudes: die Gebäudeautomation bietet Möglichkeiten für einen energieoptimierten Betrieb – wenn alles richtig läuft!  
Foto: IGS



## Monitoring und Optimierung

*Im ersten Jahr muss der Gebäudebetrieb auf die tatsächlichen Rahmenbedingungen eingestellt werden, um danach in den Regelbetrieb übergehen zu können. Mit den entsprechenden mess- und datentechnischen Voraussetzungen lässt sich die Funktion aller Anlagen kontinuierlich überwachen und optimieren.*

Ein Monitoring sollte möglichst nahtlos an die Übergabe anschließen. Für das Monitoring ist ein gutes Verständnis der Daten und eine sorgfältige Auswertung ebenso wichtig wie eine gezielte Kommunikation der Ergebnisse an das Gebäudemanagement. Vor Ort brauchen die Monitoring-Experten Ansprechpartner, die dafür sorgen, dass Maßnahmen zur Optimierung des Betriebs in allen Bereichen, von der Einstellung von Sollwerten bis zum Nutzerverhalten, zeitnah umgesetzt werden. Insbesondere in den ersten Monaten ist eine enge Abstimmung mit der Mängel- und Gewährleistungsverfolgung sinnvoll.

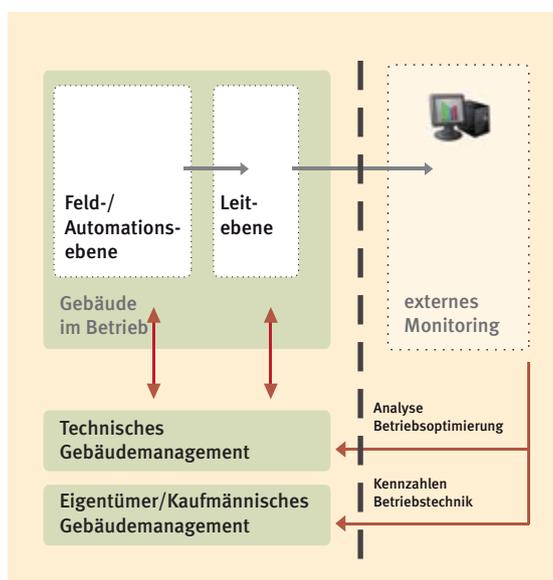
Allerdings sollte man es bei den Reaktionszeiten nicht übertreiben: Ein Monitoring ersetzt nicht die sicherheitstechnische Überwachung des Anlagenbetriebs. Warnmeldungen und Alarime in Echtzeit sind Aufgabe der Gebäudeautomation. Die SMS auf das Hausmeisterhandy sollte für stecken gebliebene Aufzüge, Brandmeldungen und Ähnliches reserviert bleiben.

Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass regelmäßige, gut vorbereitete Treffen des Monitoring-Teams mit dem Gebäudemanagement im Abstand von ein bis drei Monaten erfolgreich funktionieren. Zu groß sollte der Abstand allerdings nicht werden, um mögliche Betriebsstörungen noch nachvollziehen zu können.

In der Regel sind im ersten Betriebsjahr eine intensivere Analyse und häufigere Termine vor Ort erforderlich. Im zweiten Betriebsjahr, nachdem Sommer und Winter einmal durchfahren wurden, sollte der Regelbetrieb erreicht sein, sodass ein dauerhafter Maßstab gesetzt werden kann. Eine anschließende Fortführung der Maßnahmen als Betriebsüberwachung sollte selbstverständlich sein. Dies kann jedoch auf Basis der bestehenden Infrastruktur mit vergleichsweise geringem Aufwand und in größeren Zeitabständen mit Berichten an den Bauherrn oder das Gebäudemanagement bzw. bei Auffälligkeiten erfolgen.

Bei anspruchsvollen Gebäuden empfiehlt sich eine kontinuierliche Überwachung der Gebäudeperformance durch den Planer des Energie- und Klimakonzepts. Er ist nicht nur mit den komplexen Zusammenhängen des Konzepts vertraut, sondern kann über die Einweisungen des Gebäudemanagements hinaus auch die erforderliche Kontinuität aus der Planung bis in den Betrieb sicherstellen.

**Abb. 21** Die Rolle des Monitorings: umfassende Controllingfunktionen für das Gebäudemanagement und den Eigentümer.  
Quelle: IGS



## Aus der Praxis

### Betriebsoptimierung im Bestand:

Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen



Abb. 22–24 Ost- und Südansicht sowie Grundriss des Ministeriumsbaus.  
Quelle: Fraunhofer ISE

Das Bürogebäude wurde von 1953–1961 in verschiedenen Bauabschnitten erstellt und seit dieser Zeit in wesentlichen Teilen saniert. Die Fassade ist teilweise gedämmt und erreicht einen durchschnittlichen U-Wert von  $1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Der Verglasungsanteil beträgt etwa 30%.

Die Energieversorgung erfolgt über Fernwärme (Anschlussleistung 2.200 kW) und Netzstrom. Über 30 Heizkreise mit mehreren Unterverteilern verteilen die Heizwärme im Gebäude. Die Räume werden weitestgehend über Radiatoren beheizt und über die Fenster belüftet. Nur verschiedene Sonderbereiche sind maschinell belüftet und zum Teil gekühlt bzw. klimatisiert.

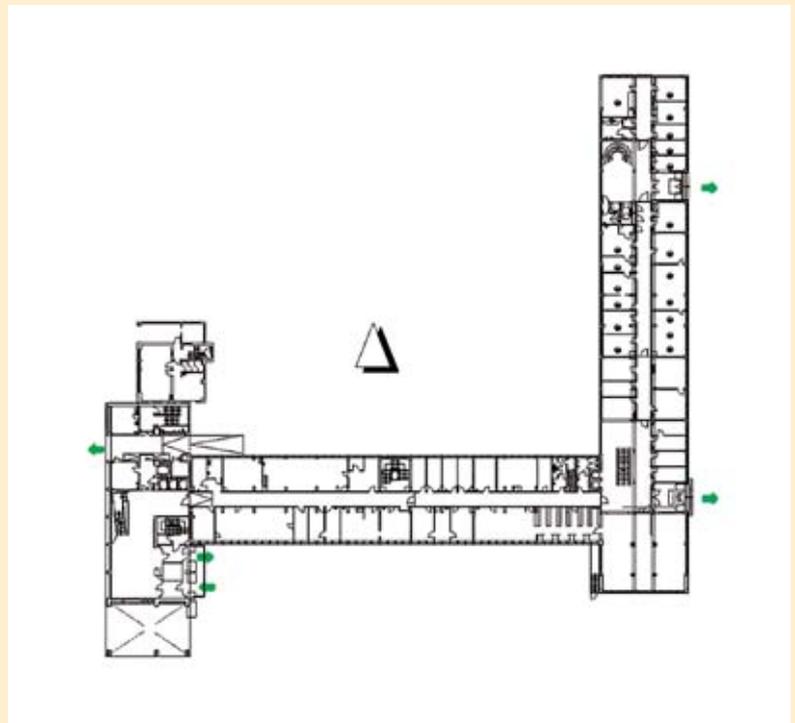
Die Kälte für die Klimatisierung liefert eine zentrale Kompressionskältemaschine. Der dazugehörige Rückkühler befindet sich auf dem Dach des Quertrakts. Dort sind ebenfalls sechs Kompaktkaltwassersätze untergebracht, von denen zwei der Klimatisierung der Sitzungssäle im Dachgeschoss des Hochhausturms und vier weitere der Kühlung der EDV- und Betriebstechnik-Räume dienen.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts zu Verfahren der Betriebsoptimierung wurde ein vordefinierter Mindestdatensatz zu dem Gebäude erhoben und eine standardisierte Methodik zur Auswertung angewendet. Bei dem Ministeriumsbaus konnte dabei typisches Verbesserungspotenzial im Betrieb identifiziert werden:

- Unnötiger Frostschutzbetrieb in den Heizkreisen,
- Falsche Einstellungen der außen temperaturabhängigen Freigabe der Kompressionskältemaschine und dadurch extremer Teillastbetrieb,
- Undichte Mischventile in einigen Heizkreisen,
- Gleichzeitiges Heizen und Kühlen in einigen Lüftungsanlagen,
- Überdimensionierte Pumpen in einigen Kältekreisen,
- Überdimensionierte Kälteerzeugung.

Eine Reduzierung der Anschlussleistung der Fernwärme um knapp 50% senkte zunächst zwar nicht den Energieverbrauch, jedoch die Verbrauchskosten um ca. 25.000 Euro. Dies ermöglichte die Finanzierung weitergehender Analysen.

Insgesamt ergibt sich ein Einsparpotenzial bei den Verbrauchskosten (Fernwärme, Strom und Wasser) von etwa



35.000 Euro/a (12%). Dieser Einsparung stehen Investitionen für die Datenerfassung von ebenfalls rund 35.000 Euro gegenüber. Die statische Amortisation oder Rückflusszeit (Pay-back Period) als Verhältnis von Investition zur jährlichen Einsparung liegt also bei etwa einem Jahr. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass darin die Ingenieurleistung noch nicht enthalten ist.

Mithilfe des in einem Forschungsprojekt entwickelten Verfahrens der modellbasierten Betriebsanalyse (ModBen) strebt man an, den Kostenanteil der Ingenieurleistung im Bereich von 2–3% der jährlichen Verbrauchskosten vor Optimierung zu halten.

Weitere Informationen zu diesem Gebäude  
[www.buildingeq-online.net](http://www.buildingeq-online.net)

**Abb. 25** Die Verbindung zum Gebäude: Schnittstellen zu Automations-systemen sind die Grundlage für die Betriebsoptimierung. Foto: IGS



## Neue Werkzeuge zur Betriebsoptimierung

*Verfahren und Monitoring-Werkzeuge, mit denen sich Zielsetzungen definieren und kontinuierlich überprüfen lassen, helfen im energieoptimierten Bauen, die gesteckten Ziele zu erreichen. In Deutschland wird im Forschungsbereich Energetische Betriebsoptimierung (EnBop) mit Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie intensiv an solchen Lösungen geforscht.*

Die Entwicklungen zielen bei Neubauten auf eine engere Verzahnung der Phasen Planung, Errichtung und Betrieb als Schlüssel zur energetischen Betriebsoptimierung. Aber auch für die Verbesserung des Bestands werden neue Wege gesucht, insbesondere wirtschaftlich angemessene Methoden und Werkzeuge zur Auditierung und Analyse. In Forschungsprojekten werden hierzu Leitlinien für Bestandsaufnahmen und Hinweise zur Analyse entwickelt.

Der Forschungsbereich EnBop entwickelt und erprobt zurzeit in mehreren Forschungsprojekten Verfahren zur energetischen Betriebsoptimierung:

### **Interaktive Prognose des energetischen Gebäudebetriebs (inProG)**

Im Forschungsvorhaben inProG werden Hilfsmittel entwickelt, die die Berücksichtigung des Gebäudebetriebs und des Gesamtenergiebedarfs bereits in der Planungsphase einschließen. Durch Simulationsrechnungen werden Energiekennwerte verschiedener typischer Gebäude-Anlagen-Systeme definiert, wobei unterschiedliche Randbedingungen und Betriebsweisen angenommen werden. Die systematische Untersuchung des dynamischen Betriebsverhaltens zeigt, auf welche Betriebsparameter die Energieeffizienz von Anlagen sensibel reagiert. Dabei werden notwendige Voraussetzungen – insbesondere der Regeltechnik – für die Realisierung der jeweiligen Betriebsstrategie dargestellt und Leitlinien für die Planung und den Betrieb abgeleitet. (Entwicklung: Ebert-Ingeneure, München)

### **Rationelle Gebäudeenergienutzung durch simulationsgestützte Automation (EnSim)**

Im Rahmen des Projekts EnSim werden innovative Konzepte zur Online-Betriebsüberwachung und vorausschauenden Regelung energetischer Versorgungseinrichtungen entwickelt und getestet. Unter anderem sollen durch neue Regelstrategien die Speichermasse der untersuchten Gebäude besser ausgenutzt und Spitzenlasten reduziert werden. (Entwicklung: Hochschule für Technik, Stuttgart)

### **Verfahren zur modellbasierten Betriebsanalyse (ModBen)**

Das Projekt ModBen hat zum Ziel, praxistaugliche Werkzeuge für die Analyse und Optimierung energetischer Probleme im Gebäudebetrieb und dessen zeitnahe Überwachung zu entwickeln. Es soll ein modellbasiertes Verfahren der Betriebsanalyse entworfen werden, das einerseits die Randbedingungen der Praxis – wie geringe Datengrundlage und Kostenbeschränkungen – berücksichtigt, andererseits in der Lage ist, weitgehend automatisiert mögliche Einsparpotenziale zu identifizieren sowie den optimierten Betrieb zu überwachen. Die Betriebsanalyse von Bestandsgebäuden wird in einem mehrstufigen Prozess nach einem „Top-Down-Ansatz“ durchgeführt. Dabei soll eine Systematik geschaffen werden, die zusätzlichen Aufwand für Messtechnik oder Modellbildung zur Analyse nur dort entstehen lässt, wo entsprechende Potenziale vorhanden sind. (Entwicklung: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg)

### **Teilautomatisiertes Werkzeug zur Betriebsführung (Energie-Navigator)**

Monitoring als Prozess der Qualitätssicherung von der Planung bis in den Betrieb – das ist Forschungsziel des Projekts Energie-Navigator. Die Internet-basierte Arbeitsplattform ermöglicht die Erstellung von Funktionsbeschreibungen, automatische Analysen von Betriebsdaten und Reporting-Funktionen für Bauherrn, Gebäudeeigentümer und Nutzer. Durch innovative Web 2.0-Technologien kann die Arbeitsplattform im Internet über den gesamten Lebenszyklus von allen Projektbeteiligten genutzt werden. (Entwicklung: IGS – Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig mit SE – Institut für Software Engineering, RWTH Aachen)

Weitere Informationen zu diesen Forschungsprojekten [www.enob.info](http://www.enob.info)

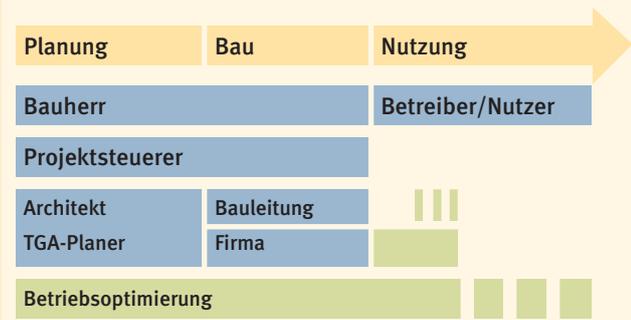


Abb. 26 Zeitlicher Ablauf im Projekt mit funktionaler Qualitätssicherung (InProG). Quelle: Ebert-Ingenieure

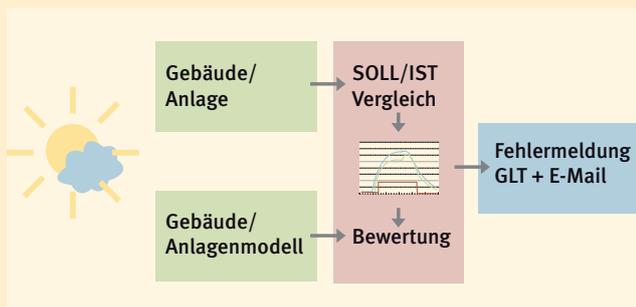


Abb. 27 Forschungsprojekt EnSim: Prinzip der simulationsbasierten Anlagenüberwachung. Quelle: zafn.net

Analyseschritte	ModBen-Werkzeuge
1 Benchmarking	► Checkliste 1
2 Bestandsdatenerfassung+ Installation Messtechnik	► Checkliste 2
3a Fehlererkennung (Messwertbasiert)	► Vordefinierte Visualisierung (manuell) ► Regelbasiertes System (automatisiert)
3b Optimierung (Modellbasiert)	► DIN V 18599 (ennovatis EnEv+) ► Vereinfachtes Simulationsmodell (IDA-ICE)
4 Betriebsüberwachung	► Automatische Ausreißerdetektion

Abb. 28 Methoden / Werkzeuge im Forschungsprojekt ModBen. Quelle: Fraunhofer ISE

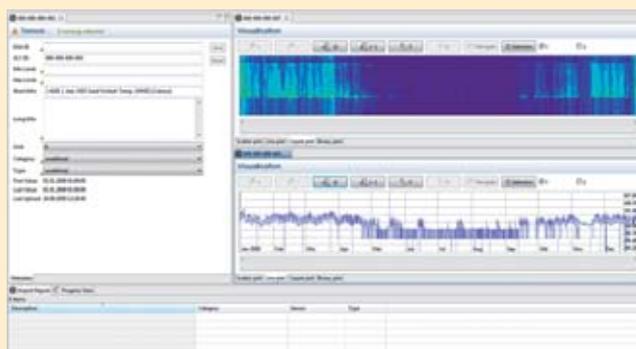


Abb. 29 Die Internet-basierte Arbeitsplattform des Energie-Navigators. Quelle: IGS



## Forschungsbereich Energieeffiziente Betriebsoptimierung



**EnOB**

Forschung für Energieoptimiertes Bauen



**EnBop**

„Gebäude der Zukunft“ lautet das Leitbild von EnOB – Energieoptimiertes Bauen, einer Forschungsinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms „Innovation und neue Energietechnologien“. Ein Forschungsbereich von EnOB ist die »Energetische Betriebsoptimierung«, kurz „EnBop“. Dort werden konventionelle und energetisch ambitionierte Nichtwohngebäude im laufenden Betrieb auf den Prüfstand gestellt, um den Erfolg ihrer Energiekonzepte zu evaluieren und die Gebäudeperformance mit einfachen, nicht- oder gering-investiven Mitteln zu optimieren. Darüber hinaus werden Methoden zur verbesserten Betriebsführung von Gebäuden erprobt und neuartige Werkzeuge und Dienstleistungskonzepte entwickelt. Ein besonderer Fokus liegt auf der Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit der Optimierung, die maßnahmen- und gebäudespezifisch untersucht werden. Ziel ist es, die Erfahrungen zu innovativen Gebäude-, Anlagen- und Betriebskonzepten wissenschaftlich aufzuarbeiten und in der Praxis erfolgreiche Projekte zu veröffentlichen. Die Optimierung umfasst alle für den Gebäudebetrieb relevanten Bereiche, von der aussagekräftigen Funktionsbeschreibung bis zum effektiven Energiemanagement und vom Mängelmanagement bis zur Nutzerschulung. EnBop setzt damit den Forschungsschwerpunkt auf das aus dem Angelsächsischen stammende „Commissioning“, das im wörtlichen Sinne soviel wie „Abnahme“ oder „Inbetriebnahme“ bedeutet, sich mittlerweile aber auf Maßnahmen im gesamten Lebenszyklus von Gebäuden zur kontinuierlichen Ziel- und Qualitätssicherung bezieht.

Weitere Informationen unter [www.enob.info](http://www.enob.info)



## Projekte gesucht!

Die Forscher von EnBop sind auf Erfahrungen aus Gebäuden und Projekten aus der Praxis angewiesen und suchen gezielt die Zusammenarbeit mit der Immobilienwirtschaft. Angesprochen werden Investoren, Eigentümer, Betreiber und Nutzer, die ihr Gebäude in modellhaften Forschungsprojekten evaluieren und optimieren möchten. Wissenschaftliche Einrichtungen sind aufgerufen, entsprechende Forschungskonzepte im Rahmen der förderpolitischen Ziele des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) zu entwickeln.

Ansprechpartner sind der Projektträger Jülich ([www.ptj.de](http://www.ptj.de)) und das Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS), TU Braunschweig ([www.igs.bau.tu-bs.de](http://www.igs.bau.tu-bs.de)).



## Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zur energetischen Betriebsoptimierung in Forschungsprojekten lässt sich derzeit nur bedingt bewerten, da der größte Teil der innerhalb des Forschungsfeldes EnBop geförderten Projekte noch läuft und somit keine umfassenden empirischen Daten vorliegen. Zwei abgeschlossene Forschungsprojekte (KENWO und EnerGo) zeigen überaus positive Ergebnisse. Mit kleinen Veränderungen, beispielsweise an der Betriebsführung, lässt sich häufig schon viel erreichen. Der finanzielle Aufwand, der dafür im Vorfeld in Monitoring und Auswertung steckt, kann sich dann schon innerhalb von einem bis etwa drei Jahren erwirtschaften.

In den bisherigen Projekten konnten Einsparpotenziale zwischen 5 und 15% mit Höchstwerten bis zu 30% festgestellt und realisiert werden. Diese Werte decken sich mit den Erfahrungen aus internationalen Forschungsprojekten der letzten Jahre. Besonders bemerkenswert ist, dass diese Ergebnisse nicht durch aufwendige Sanierungen erreicht wurden, sondern mit gering-investiven Maßnahmen, die sich in der Regel innerhalb weniger Jahre amortisieren.

Interessante Erfahrungen hierzu hat die Stadt Stuttgart gemacht. Dort konnten durch die Überwachung des Energieverbrauchs die Energiekosten kontinuierlich gesenkt werden. Nachdem das Energiecontrolling in 65 Gebäuden unterbrochen wurde, stieg der Verbrauch in den Folgejahren wieder an, bis der Betrieb nach der Wiederaufnahme des Energiemanagements vier Jahre später wieder deutlich effizienter werden konnte.

Erfahrungen am Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) der TU Braunschweig zeigen, dass gerade bei frühzeitiger Berücksichtigung in der Planung ein effektives Monitoring für die ersten drei Jahre mit circa 20 bis 40% der Energiekosten eines Jahres umgesetzt werden kann. Insbesondere für innovative, energieeffiziente Gebäude ist ein Monitoring unbedingt empfehlenswert.

### Wie gewonnen, so zerronnen?

Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Betriebsoptimierung ist – anders als bei Baumaßnahmen – allerdings ein weiterer Aspekt von Bedeutung: Die Maßnahmen spielen sich oft in der Software der Gebäude ab. Veränderte Zeitprogramme, korrigierte Sollwerte, optimierte Regelstrategien etc. sind im Gegensatz zum Einbau von Dämmstoffen oder einer Dreifach-Verglasung nicht zwingend dauerhaft. Nach der Umsetzung kann der Erfolg durch falsche Reaktion auf plötzlich auftretende Probleme oder aus Unwissenheit genauso schnell wieder zunichtegemacht werden, wie er erreicht wurde. Forschungen aus den USA zeigen, dass die im Rahmen der energetischen Betriebsoptimierung veränderten Einstellungen auch nach mehreren Jahren noch zu rund 50% vorhanden sind. Besonders anfällig waren Maßnahmen, die durch einfache Eingriffe in die Regelung wieder rückgängig gemacht werden konnten.

Insgesamt sind die verfügbaren Zahlen für die Wirtschaftlichkeit der energetischen Betriebsoptimierung in Deutschland trotz beeindruckender Beispiele bei einzelnen Gebäuden noch nicht empirisch abgesichert. Die kontinuierliche Forschung im Rahmen der Forschungsprogramme des BMWi wird hierzu in den nächsten Jahren aussagekräftige Daten zusammentragen.

## Im Portrait

### Der Planer und der Betreiber – zwei Expertenmeinungen



**Martin Ufheil**

Geschäftsleiter der solares bauen GmbH, seit vielen Jahren auf den effizienten Einsatz von Energie und die Nutzung regenerativer Energiequellen spezialisiert.

„Erfahrungen aus eigenen Projekten zeigen, dass erst durch eine konsequente Betriebsführung die „rechnerischen“ Planungsergebnisse wirklich erreicht werden. Idealerweise sollte das Betriebspersonal von dem am Projekt beteiligten Energie- und Fachplaner geschult und über ein vollständiges Betriebsjahr begleitet werden, um die Betriebsweise unter extremen Witterungsbedingungen sowohl im Winter als auch im Sommer kennenzulernen. Die Begleitung sollte weiterhin eine Energieverbrauchsanalyse nach dem ersten Betriebsjahr beinhalten, um nach einer Soll-/Ist-Analyse entscheiden zu können, in welchen Punkten der Betrieb und gegebenenfalls die eingebaute Anlagentechnik noch zu optimieren sind.“

Als Bauherr sollte man frühzeitig, schon im Rahmen der Verpflichtung des Energie- und Fachplaners, eine Regelung treffen, wie die Schulung und Begleitung im ersten Betriebsjahr durchzuführen und zu vergüten ist. Ganz besonders zu empfehlen sind erfolgsabhängige Regelungen.“



**Franz-Josef Abendroth**

Abteilungsleiter Wasser- und Energietechnik Bauwesen der GELSENWASSER AG, Gelsenkirchen. Partner des Instituts für Gebäude- und Solartechnik der TU Braunschweig in einem EnBop-Forschungsprojekt.

„Als der Erweiterungsbau für die Hauptverwaltung der GELSENWASSER AG im Januar 2004 fertig und bezogen war, entstand schnell der Wunsch, die in der Energiebilanz prognostizierten Werte des neuen, voll verglasten Gebäudes mit Hilfe eines Monitorings zu überprüfen. Die Durchführung eines Monitorings war die logische Folge. In einem Zeitraum von vier Jahren wurden die Daten dokumentiert und analysiert. Die daraus abgeleiteten Empfehlungen für den Betrieb der Anlagen wurden intern umgesetzt und führten zu Einsparungen, die den theoretischen Annahmen sehr nahe kamen. Aufgrund dieser Erfahrung ist eine intensive Phase der Kontrolle und Einregulierung der Gebäude bzw. Armaturen und Geräte aus unserer Sicht dringend anzuraten. Die erzielten Einsparungen beim Energieverbrauch ohne Abstriche bei der Behaglichkeit rechtfertigen die monetäre Honorierung der Untersuchung der Energieeffizienz.“

Mit dem weiteren Einsatz energiesparender Techniken bei Neu- und Umbauten, wie Geothermie oder Trocknungs- und Verdunstungskühlung, sollte eine nachfolgende Überprüfung der Effizienz zum Standardprogramm der Inbetriebnahme eines Gebäudes gehören.“

# Checkliste Energetische Qualitätssicherung

*Für einen sicheren Weg zum energieoptimierten Betrieb eines Gebäudes fasst der Autor, Stefan Plesser, Projektleiter des Forschungsbereichs EnBop, hier die seiner Erfahrung nach wichtigsten Punkte für die Qualitätssicherung zusammen:*

## Planung

- Verschaffen Sie sich einen Überblick über den Stand der Technik, die Leistungsfähigkeit moderner Planungswerkzeuge und zukunftsweisende Ziele für Energieeffizienz und Nachhaltigkeit. Ein Tages-Workshop mit einem kompetenten Berater kann das Dickicht an Vorzeigeprojekten, Energie-Standards und Technologien lichten.
- Nutzen Sie die Erfahrung anderer Bauherren: Es gibt in Deutschland eine Vielzahl von innovativen Gebäuden im Betrieb. Ein Besuch vor Ort – z. B. in einem der Demonstrationsgebäude aus dem Forschungsfeld EnOB – gibt Ihnen praxisnahe Eindrücke von innovativen Konzepten und Technologien.
- Setzen Sie Ziele mit Augenmaß. Energieeffiziente Gebäude müssen nicht hoch kompliziert sein, komplexere Gebäude sind immer auch schwieriger zu betreiben.
- Definieren Sie Ziele immer einschließlich der Verfahren zur Berechnung und Erfolgskontrolle. Das Konzept zur Qualitätssicherung muss Teil der Zielsetzungen sein.
- Die Idee der integralen Planung hat sich mittlerweile durchgesetzt, doch oft bricht dieser Prozess aber nach der frühen Entwurfsphase ab. Das integrale Konzept ist aber erst der Beginn der Qualitätssicherung. Sie sollte – mit angemessenem Aufwand – bis in den Betrieb fortgeführt werden.

## Errichtung / Inbetriebnahme

- Lassen Sie durch den Energieplaner zu den richtigen Zeitpunkten überprüfen, ob die Bauausführung dem festgelegten Konzept entspricht. Der Aufwand muss nicht groß sein: Gezielte Begehungen, Qualitäts- und Funktionstests sowie die Teilnahme an den Abnahmen können die energetische Qualität bei geringen Kosten sichern.
- Bereiten Sie die Inbetriebnahme des Gebäudes frühzeitig vor. Das Gebäudemanagement sollte spätestens bei Baubeginn mit zunehmender Intensität in das Projekt eingebunden werden.
- Im ersten Betriebsjahr ist das Gebäudemanagement erfahrungsgemäß mit vielem beschäftigt, nur nicht mit der Energieeffizienz des Gebäudebetriebs. Je nach Erfordernis des Gebäudes sollte es durch das Monitoring der Qualitätssicherung unterstützt werden. So kann das Gebäude schnell einreguliert und das Personal vor Ort entlastet und gleichzeitig mit dem Gebäude vertraut werden.
- Nehmen Sie die Nutzer mit. Ob Einzelraumregelung, automatischer Sonnenschutz oder Strahlungsheizung: Auch an das beste Gebäude muss sich der Nutzer erst gewöhnen. Gezielte Informationen, wie ein Nutzerhandbuch zu Konzept, Hintergrund und Zielsetzungen, können die Akzeptanz deutlich verbessern und das Gebäudemanagement entlasten.

## Betriebsüberwachung

- Überprüfen Sie den Erfolg Ihres Gebäudes: Innovative Gebäude sind keine Selbstläufer. Deshalb sollte bei anspruchsvollen Gebäuden ab dem ersten Betriebstag ein Monitoring auf Basis der Gebäudeautomation installiert werden.
- Das Monitoring kann in der Regel nach dem ersten Betriebsjahr deutlich heruntergefahren werden. Mithilfe entsprechender Werkzeuge ist eine kontinuierliche Überwachung des Betriebs effektiv und wirtschaftlich möglich.

*Energetische Betriebsoptimierung und Qualitätssicherung bedeuten einen zusätzlichen Aufwand für Bauherren und Planer. Aber sie tragen entscheidend dazu bei, die technisch möglichen und ökologisch richtigen Ziele für neue Gebäude und Sanierungen in der Betriebspraxis auch zu erreichen.*



## Ausblick

Schon heute können Neubauten mit sehr wenig Energie auskommen. Innovative Technologien der Gebäudeautomation, komplexe Energiekonzepte sowie dezentrale und vernetzte Energieversorgungssysteme gewinnen in diesem Zusammenhang an Bedeutung. Je sparsamer das Gebäude baulich angelegt ist, desto mehr hängt der tatsächliche Energieverbrauch von der Betriebsführung ab. Im Bestand spielt die Optimierung der Betriebsweise eine entscheidende Rolle, um auch ohne größere bauliche Maßnahmen die Energieeffizienz zu verbessern.

Die integrale Planung unter Berücksichtigung aller Gewerke hat sich inzwischen durchgesetzt. Herausforderung für die Zukunft ist es, Planung, Errichtung und Betrieb durchgängig zu betrachten und zu bearbeiten. Kosten und Qualitäten gehören nicht nur in der Bauphase unter Beobachtung, sondern sind langfristig zu überwachen. Dazu werden neue Werkzeuge zu entwickeln sein, die die vorhandenen Schnittstellen im Lebenszyklus eines Gebäudes effektiv überbrücken. Im Mittelpunkt kann hier das Internet stehen. Es bietet die Möglichkeit, sowohl die Akteure als auch die Daten aus dem Gebäudebetrieb auf gemeinsamen Arbeitsplattformen effektiv zu verbinden.

Außerdem wird die funktionale Qualitätssicherung über die gesamte Lebensdauer sowie die Evaluierung von Gebäuden und Anlagen im Betrieb eine wichtige Rolle spielen. Hierfür müssen nicht nur die technischen, sondern auch die organisatorischen Voraussetzungen geschaffen werden – über die Ergebnisse von Erfolgskontrollen muss offen geredet werden.

Bei der in der Praxis vorhandenen Bandbreite des technischen Gebäudeausstattungsgrades reichen die Kenntnisse darüber noch nicht aus, in welchem Verhältnis die Kosten und Anforderungen zum Nutzen stehen, um gute funktionale Qualitäten in Gebäuden und einen wirtschaftlichen Gebäudebetrieb zu erreichen. Der Nutzen ist hierbei auch an den kontinuierlichen Betriebskosteneinsparungen über die technische Lebensdauer der gebäudetechnischen Anlagen (Stichwort: Life-Cycle-Cost-Analysis) festzumachen. Eine bessere Grundlage empirischer Daten zu Gebäudefunktionen, Kosten zusätzlicher und hochwertiger Planungsleistungen sowie notwendiger Service-Level im technischen Gebäudemanagement sind Voraussetzungen, um den effizienten Betrieb von Gebäuden voranzubringen.

Das Forschungsfeld EnBop des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie fokussiert mit seinen drei Arbeitsschwerpunkten Werkzeuge, Evaluierung und Wirtschaftlichkeit auf diese Herausforderungen. In den nächsten Jahren werden zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte in intensiver Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft den Weg zu einer verbesserten Funktionalität von Gebäuden und Anlagen ebnen.

## Mehr von BINE

- ▶ Verwaltungsgebäude als energieeffizientes Ensemble. BINE-Projektinfo 16/2009
- ▶ Betriebsdiagnose von Gebäuden. BINE-Projektinfo 11/2009
- ▶ Energieeffizienz im öffentlichen Neubau. BINE-Projektinfo 6/2009
- ▶ Effizientes Bürogebäude mit flexiblem Raumkonzept. BINE-Projektinfo 13/2007
- ▶ Energieeffizient und barrierefrei. BINE-Projektinfo 3/2007
- ▶ Komfortabel Lernen und Arbeiten. BINE-Projektinfo 12/2006

## Links

- ▶ [www.enob.info](http://www.enob.info)
- ▶ [www.igs.bau.tu-bs.de](http://www.igs.bau.tu-bs.de)
- ▶ [www.modben.org](http://www.modben.org)

## Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
52425 Jülich

### Förderkennzeichen

0327246D, E, F (OASE)  
0327346A (EVA)  
0327364A (WKSP)  
0327410A, B, C (ModBen)  
0327440A (inProG)  
0327444A (Energie-Navigator)  
0327475A, B, C (EnSim)  
0329828F (KENWO)  
0329828G (KENWO-two-EnERGo)

## Kontakt · Info

Fragen zu diesem Themeninfo?  
Wir helfen Ihnen weiter:

**0228/92379-44**

Weitere Informationen zum Thema sind beim BINE Informationsdienst oder unter [www.bine.info](http://www.bine.info) abrufbar.